نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۱۴۸-۱۲۷

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 34, No. 2, Summer 2020, p. 127-148

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی آثار تغییر اقلیم در مناطق نیمه‌خشک بر بازار محصولات کشاورزی

حسن علی بخشی[1]- آرش دوراندیش[2]*- محمود صبوحی صابونی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۲

چکیده

تغییر اقلیم در واقع تغییر برگشت‌ناپذیر در متوسط شرایط آب‌وهوایی است. این پدیده دامنه زمانی و مکانی وسیعی دارد و به دنبال آن دامنهٔ اثرگذاری گسترده بر بخش‌های مختلف اقتصادی ازجمله منابع آب و کشاورزی خواهد داشت. قسمت عمده‌ای (۷۷ درصد) از محصولات زراعی کشاورزی تولیدی کشور در مناطق نیمه‌خشک تولید می‌گردد و تغییرات اقلیمی می‌تواند بر تولیدات کشاورزی در این مناطق اثرگذار باشد. در این راستا، هدف مطالعه‌ی حاضر بررسی آثار تغییر اقلیم در مناطق نیمه‌خشک، بر بازار (قیمت، درآمد، تولید، صادرات و واردات) محصولات کشاورزی کشور است. به‌منظور بررسی چالش‌های ناشی از تغییرات آب‌وهوا از دیدگاه اقتصادی، رهیافتی که تصویری دقیق از بخش کشاورزی و روابط درون آن را فراهم کند، ضروری می‌باشد. به همین دلیل از الگو چندبازاره کشاورزی استفاده شده است. برای این منظور اقدام به پهنه‌بندی زیراقلیم نیمه‌خشک به روش دومارتن اصلاح شده گردید. همچنین جهت شبیه‌سازی اثرات تغییر اقلیم، عملکرد محصولات زراعی اعم از گندم آبی و دیم، جو آبی و دیم، و ذرت دانه‌ای با استفاده از تغییرات دما و بارش و ضرایب پاسخ عملکرد، محاسبه شد. سپس تابع تقاضای محصولات مختلف با استفاده از کشش تابع تقاضا برآورد گردید. نتایج تحقیق نشان داد که تا سال ۲۰۲۵ (افق ۱۴۰۴) تغییرات آب‌وهوایی، باعث تغییرات متفاوتی مانند تغییر در عملکرد، سطح زیرکشت و آب در دسترس در محصولات منتخب، می‌گردد که این امر باعث تغییر در قیمت این محصولات خواهد شد و اغلب قیمت آن‌ها را افزایش می‌دهد. همچنین نتایج تحقیق نشان داد تغییرات صورت گرفته در محصولات باعث افزایش در درآمد بهره‌برداران کشاورزی شده و میزان خالص صادرات این محصولات را کاهش می‌دهد. در این راستا پیشنهاد می‌شود سیاست حمایتی قیمتی و غیر قیمتی مناسب برای حمایت از تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان این محصولات اتخاذ گردد تا آثار تغییرات اقلیمی بر بخش کشاورزی قابل‌کنترل و برنامه‌ریزی گردد. همچنین تولید محصولات گندم دیم، جو آبی، جو دیم و ذرت دانه‌ای در زیر اقلیم‌های خشک گرم و خشک سرد و محصول گندم آبی در زیر اقلیم خشک گرم و محصولات گندم آبی، جو دیم و ذرت دانه‌ای در زیراقلیم خشک معتدل افزایش یابد.

واژه‌های کلیدی: ایران، بازار محصولات کشاورزی، پهنه‌بندی اقلیمی، تغییر اقلیم، مدل چند بازاره

مقدمه

بررسی وضعیت انتشار گازهای گلخانه‌ای نشان می‌دهد که پس از انقلاب صنعتی در نیمه قرن ۱۸، به دلیل افزایش روزافزون صنایع و به واسطه آن افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی، توازن مقادیر این گازها در اتمسفر زمین برهم خورده و مقادیر آن به‌خصوص میزان دی‌اکسید کربن افزایش یافته است. افزایش دی‌اکسید کربن باعث می‌گردد تا امواج مادون‌قرمز ساطع‌شده از زمین بیش‌ازپیش توسط گازهای گلخانه‌ای جذب شده و باعث گرم‌تر شدن اتمسفر زمین گردد. گرم‌تر شدن کره زمین نیز بر وضعیت اجزای دیگر سیستم اقلیم تأثیر گذاشته و پدیده تغییر اقلیم را موجب می‌گردد (۳۶). بر اساس راه‌گزین‌های انتشار (SRES)[4] تدوین‌شده توسط IPCC، انباشت گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۳۰ نسبت به سال پایه (۲۰۰۰) بین دامنهٔ ۹/۷ تا ۳۶/۷ گیگاتن "معادل CO_2" افزایش خواهد یافت. در این راه‌گزین‌ها[5] پیش‌بینی می‌شود که سوخت‌های فسیلی همچنان به‌عنوان مهم‌ترین منبع تأمین انرژی جهان تا سال ۲۰۳۰ باقی خواهند ماند، بنابراین انباشت CO_2 ناشی از این سوخت‌ها طی این مدت ۴۰ الی ۱۱۰ درصد افزایش خواهد یافت که در این صورت دمای کره زمین ۱/۵ تا ۴/۵ درجه سانتی‌گراد تا اواسط قرن بیست‌ویکم افزایش خواهد داشت. پیامد این مسئله، افزون بر تغییر

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش آموخته، دانشیار و استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: dourandish@um.ac.ir
DOI: 10.22067/jead2.v34i2.82775

4- Special Report on Emissions Scenarios (SRES)
5- Scenarios

الگوی بارندگی و دما، به‌صورت افزایش تعداد روزهای گرم، کاهش تعداد روزهای سرد، نوسان‌های شدید آب‌وهوایی و افزایش پدیده‌های حدی اقلیمی از نظر شدت و فراوانی وقوع پیش‌بینی می‌شود (۱۶). تغییرات الگوی اقلیم از مکانی به مکان دیگر وابسته به عرض جغرافیایی، فاصله از دریا، پوشش گیاهی، وجود یا عدم وجود نواحی کوهستانی و دیگر عوامل جغرافیایی است (۳۹). این پدیده دارای دامنه زمانی و مکانی وسیعی و به دنبال آن دامنهٔ اثرگذاری گسترده بر بخش‌های مختلف اقتصادی ازجمله منابع آب و کشاورزی خواهد داشت. در این میان بخش کشاورزی وابسته‌ترین بخش اقتصادی به اقلیم است و اقلیم تعیین‌کننده اصلی مکان، منابع تولید و بهره‌وری فعالیت‌های کشاورزی است (۳۰). به دیگر سخن، بخش کشاورزی به دلیل وابستگی‌اش به وضعیت منابع آب، درجه حرارت و رطوبت آسیب‌پذیرترین بخش نسبت به تغییر اقلیم است (۲۳).

بخش عمده‌ای از ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک در بر گرفته است و قسمت عمده‌ای از محصولات زراعی تولیدی کشور که سهمی حدود ۷۷ درصد دارند، در مناطق نیمه‌خشک تولید می‌گردد (۳۷). تغییرات اقلیمی می‌تواند بر عملکرد در هکتار و مجموع تولید این مناطق اثر بگذارد و از طریق اثرگذاری بر مقدار تولیدات کشاورزی بر عناصر بازار کشاورزی همچون قیمت، صادرات و واردات این محصولات نیز اثرگذار باشد.

مطالعات گسترده‌ای به‌منظور تعیین آثار تغییر اقلیم و کمیابی منابع آب در بخش کشاورزی انجام گرفته است، ازجمله: پونس و همکاران[۱] (۲۷) در مطالعه‌ای یک الگو چندبازاره کشاورزی[۲] (AMM) برای تجزیه‌وتحلیل "اثرات تغییرات آب‌وهوایی در کشورهای درحال‌توسعه با توجه به عدم اطمینان تغییرات اقلیمی" فراهم آوردند. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که پیامدهای اقتصادی تغییرات آب‌وهوایی، بسته به نوع فعالیت‌ها، متفاوت است. دشتی و همکاران (۸) مطالعه‌ای به اندازه‌گیری ریسک عملکرد ناشی از تغییر اقلیم در گندم دیم شهرستان اهر پرداختند. این مطالعه با استفاده از اطلاعات هواشناسی طی دوره ۲۰۱۵-۱۹۸۶ و عملکرد گندم دیم طی سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۷۰ شهرستان اهر انجام شده است. نتایج مطالعه نشان داد که بر اساس تغییر شاخص‌های آب‌وهوایی، متوسط عملکرد گندم دیم در دوره آتی افزایش می‌یابد. همچنین تبخیر و تعرق یکی از شاخص‌هایی است که موجب افزایش ریسک عملکرد می‌شود، ازاین‌رو برای کاهش تبخیر و تعرق از سطح خاک استفاده از خاک‌پوش‌های طبیعی و مصنوعی به کشاورزان توصیه شده است. جنت‌صادقی و همکاران (۱۵)، مطالعه‌ای با عنوان "بررسی عامل‌های مؤثر بر عملکرد محصول‌های راهبردی کشاورزی (گندم و جو) در استان خراسان رضوی" با استفاده از الگو جاست و پاپ انجام دادند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که هر میلی‌متر افزایش در لگاریتم بارندگی، سبب افزایش میانگین عملکرد گندم آبی و دیم و جو آبی و کاهش عملکرد جو دیم می‌شود. همچنین افزایش یک درجه سلسیوس در لگاریتم میانگین بیشینه دما نیز سبب کاهش در میانگین عملکرد گندم و جو آبی و افزایش عملکرد گندم و جو دیم می‌شود. محققین استفاده از ابزارهای مدیریتی ریسک شامل بیمه آب‌وهوا و به‌کارگیری رقم‌های بذر مقاوم به خشکی را پیشنهاد می‌نموده‌اند. راقیوانشی[۳] و همکاران (۲۹)، به بررسی آگاهی و عملکرد کشاورزان در مورد تغییرات آب‌وهوایی و اقدامات سازگاری در هند پرداخته‌اند. یافته‌های تحقیق آنها نشان می‌دهد که همه کشاورزان از تغییرات آب‌وهوایی آگاهی دارند و اکثر آن‌ها بارندگی‌های نامنظم، کاهش عملکرد کشاورزی و افزایش دما را به‌عنوان شاخص‌های تغییرات آب‌وهوایی در نظر می‌گیرند. همچنین کشاورزان مورد بررسی، صنعتی شدن، افزایش جمعیت و جنگل‌زدایی را دلیل اصلی تغییرات اقلیمی دانسته‌اند. لیانگ[۴] و همکاران (۱۸) به بررسی تغییرات آب‌وهوایی بر بهره‌وری کل کشاورزی آمریکا پرداخته‌اند. براین این منظور از شاخص TFP و الگو رگرسیون چند متغیره برای پیش‌بینی رشد TFP کشاورزی و ارتباط آن با تغییرات آب‌وهوایی استفاده کرده‌اند. نتایج حاکی از آن است که درجه حرارت و بارش در مناطق مختلف کشاورزی، حدود ۷۰ درصد از تغییرات در رشد TFP را در طول سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ شامل شده است و اگر این روابط ادامه یابد، تغییرات آب‌وهوایی پیش‌بینی‌شده می‌توانند باعث کاهش TFP به میزان ۲/۸۴ تا ۴/۳۴ درصد در سال شود.

با توجه به نقش مهم کشاورزی در اقتصاد ایران و وجود بحران آب و خشک‌سالی‌های پیاپی در کشور و تأثیرات عمده‌ای که تغییر اقلیم می‌تواند بر تشدید آن‌ها داشته باشد، مطالعه‌ی حاضر به بررسی اثرات تغییر اقلیم و کمبود منابع آب بر تولید، قیمت و درآمد بخش کشاورزی (زراعت) در مناطق نیمه‌خشک کشور می‌پردازد. به عبارت دیگر هدف از انجام این پژوهش پیش‌بینی تغییر اقلیم بر اساس سناریوهای مختلف آب وهوایی برای یک افق زمانی ۱۴۰۴ (سال ۲۰۱۵) در اقلیم نیمه خشک می‌باشد و سپس اثر این تغییرات بر تولید، قیمت، درآمد و صادرات و واردات محصولات زراعی عمده در این مناطق بررسی می‌گردد.

روش تحقیق

الگو چندبازاری که گاهی اوقات به‌عنوان تعادل عمومی محدود[۵]

1- Ponce et al

2- Agricultural Multimarket Model

3- Raghuvanashi

4- Liang

5- limited General equilibrium

(۲۸) یا الگو تعادل جزئی چند بازاری[1] (۵) نامیده می‌شود، از پیچیدگی‌های الگوهای تعادل عمومی محاسبه‌پذیر (CGE)[2] کاسته است. این الگو اثرات مستقیم و غیرمستقیم سیاست‌ها را در تعداد اندکی از بازارهای کشاورزی مورد بررسی قرار می‌دهد که از این لحاظ استفاده از الگو چندبازاری بر الگوهای تک بازاره ارجحیت دارد (۷). این الگو برای تحلیل آثار پیامدهای بخش کشاورزی با پراکندگی جغرافیایی بالا همچون ایران مناسب است (۲۷). الگو چندبازاری شامل یک فرایند سه مرحله‌ای است. در مرحله اول، یک الگو برنامه‌ریزی ریاضی با هدف حداکثر کردن درآمد ناخالص زراعی منطقه طراحی می‌شود. این الگو همه اطلاعات مرتبط با تولید و شرایط زراعی ازجمله تابع هدف که کشاورز را به‌عنوان یک عامل عقلانی توصیف می‌کند و محدودیت‌های دسترسی به منابع و شرایط نهادی را در نظر می‌گیرد. متغیر تصمیم اصلی در اینجا سطح زیر کشت (X) است. الگو می‌تواند به شکل فشرده به‌صورت زیر نگاشته شود (i نشانگر نوع منبع است):

$$Max \quad Z=\sum_r\sum_a (P_a*y_{ra}-AC_{ra})*X_{ra} \qquad (۱)$$

$$\sum_a H_{ira}*X_{ra}\le b_{ir} \qquad (۲)$$

$$X_{ra}\ge 0 \qquad (۳)$$

در روابط بالا، Z نشانگر مقدار تابع هدف (درآمد ناخالص) است. X_{ra} نشانگر زمین تخصیص‌یافته به محصول a در منطقه r است. AC_{ra} برداری از هزینه‌های متغیر متوسط به ازای هر واحد زمین است. Pa قیمت محصول a و y_{ra} عملکرد به ازای هر هکتار محصول a در منطقه r است. همچنین H_{ira} نشانگر ماتریسی از ضرایب فنی، b_{ir} برداری از مقادیر منابع در دسترس (i) در منطقه r است. لازم به ذکر است که معادله (۳)، قید نامنفی بودن تخصیص زمین را نشان می‌دهد. همچنین محدودیت نشان داده شده در معادله (۲)، محدودیت عوامل تولید است که در این تحقیق با توجه به اهداف، محدودیت زمین و محدودیت دسترسی به منابع آب در نظر گرفته شده است. الگو فوق این نکته را در نظر می‌گیرد که شرایط اقلیمی در هر منطقه بر دسترسی به منابع آبی به علت کاهش نزولات آسمانی اثرگذار است.

در مرحله دوم، یک تابع هدف غیرخطی با استفاده از روش PMP و مبنی بر سطوح فعالیت مشاهده‌شده برای سال پایه کالیبره می‌شود. الگو برنامه‌ریزی مورد استفاده به‌صورت زیر نوشته می‌شود.

$$Z=\sum_r\sum_a (P_a*y_{ra}-AC_{ra})*X_{ra} \qquad (۴)$$

$$\sum_a H_{ira}*X_{ra}\le b_{ir} \qquad (۵)$$

$$X_{ra}\ge 0 \qquad (۶)$$

$$X_{ra}\le X_{ra}^0+\varepsilon \qquad (۷)$$

که محدودیت (۷)، محدودیت کالیبره است و بیانگر این مطلب است که سطح زیرکشت هر محصول در هر زیراقلیم (X_{ra}) کوچک‌تر یا مساوی سطح زیرکشت آن محصول در زیراقلیم موردنظر در سال پایه (X_{ra}^0) با اضافه یک عدد کوچک (ε) باشد.

در الگوی برنامه‌ریزی اثباتی، تابع هزینه به‌صورت غیرخطی و به شکل رابطه (۸) است:

$$AC_{ra}=\alpha_{ra}*(X_{ra})^{\beta_{ra}} \qquad (۸)$$

که در رابطه فوق پارامترهای α_{ra} و β_{ra} از معادلات حداکثر سازی درآمد ناخالص به دست می‌آید که معادله (۱) (تابع هدف) را مشروط به محدودیت‌های (۲)، (۳) و (۸) حداکثر می‌کند.

در مرحله سوم، پس از استخراج پارامترهای تابع هزینه (۸)، الگو غیرخطی کالیبره شده ساخته می‌شود. الگوی AMM مازاد رفاه مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان (معادله (۱۰)) را حداکثر می‌کند. برای این منظور توابع تقاضا مشتمل بر مجموعه‌ای از معادلات خطی تقاضا در نظر گرفته می‌شود:

$$P_M^d=\phi_M+\lambda_M*q_M^d \qquad (۹)$$

که در آن P_M^d قیمت تقاضای محصول M است. ϕ_M مقدار ثابت تابع تقاضا است. λ_M شیب تابع تقاضا و P_M^d مقدار تقاضا شده از محصول M است (۲۷). در خصوص شیوه برآورد اجزای آن در ادامه توضیحاتی ارائه می‌گردد.

پیرو کار مک‌کارل و اسپرین (۲۱) الگو نهایی به شکل زیر خواهد شد:

$$Max\!:cps=\sum_p\left(\phi*q_M^d+\frac{1}{2}*\lambda_M*\left(\left(q_M^d\right)\right)^2\right)-TTC \qquad (۱۰)$$

S.T:

$$\sum_a\sum_s H_{ra}*X_{ra}\le b_{ir}$$

$$X_{ra}\ge 0$$

$$AC_{ra}=\alpha_{ra}*(X_{ra})^{\beta_{ra}}$$

$$P_M^d=\phi_M+\lambda_M*q_M^d$$

که در رابطه بالا TTC نشانگر هزینه کل و از رابطه (۱۱)

1- Multi-Market Partial Equilibrium
2- Computable General Equilibrium

محاسبه می‌شود:

$$TTC = \sum\sum (AC_{ra} * X_{ra}) \quad (۱۱)$$

الگو ارائه‌شده در بالا سطوح فعالیت مشاهده‌شده برای سال پایه (۱۳۹۴) را بازتولید کرده و امکان شبیه‌سازی سناریوهای تغییر اقلیم را فراهم می‌کند.

عدم اطمینان بخشی از چهارچوب الگوسازی با روش مونت کارلو است. این روش امکان شبیه‌سازی رفتار یک متغیر تصادفی را با توجه به توزیع آن فراهم می‌کند. در پژوهش حاضر دسترسی به آب به‌عنوان یک متغیر تصادفی در نظر گرفته می‌شود. با توجه به این‌که تأثیر تغییرات آب‌وهوایی بر دسترسی منابع آب قابل پیش‌بینی نیست، لازم است یک توزیع احتمال برای نشان دادن رفتار آن در نظر گرفته شود. بر اساس نظر خبرگان این حوزه، فرض می‌شود که دسترسی منابع آبی از یک توزیع گاما پیروی می‌کند (۲۷)؛ بنابراین، مجموعه‌ای از سناریوهای دسترسی به منابع آبی با استفاده از اعداد شبه تصادفی و تابع توزیع احتمال معکوس شبیه‌سازی می‌شوند (۱۳). تابع توزیع احتمال گاما و پارامترهای کلیدی آن به صورت روابط زیر نشان داده می‌شود (۲۷):

$$f(x) = \frac{1}{(\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha))} exp\left(\frac{-x}{\beta}\right) x^{(\alpha-1)} \quad (۱۲)$$

$$\alpha = \frac{([E(x)]^2)}{(\sigma^2)}$$

$$\beta = \frac{(\sigma^2)}{(E(x))}$$

در الگوی بالا به شرط مثبت بودن پارامترهای α و β، $E(x)$ میانگین توزیع و σ^2، واریانس توزیع را نشان می‌دهد.

یکی از پارامترهای مورد نیاز در این الگو، دستیابی به مقدار اثرات فیزیکی تغییر اقلیم (تغییر دما و بارندگی) بر عملکرد محصولات کشاورزی است که از آن به‌عنوان ضریب پاسخ عملکرد نام برده می‌شود. این ضریب بیانگر این مطلب است که اگر دما یا بارندگی یک درصد تغییر کنند، عملکرد محصولات کشاورزی چند درصد تغییر می‌کنند. در مطالعات زیادی اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات بررسی شده است، اما اغلب این مطالعات تمرکز خود را روی یک محصول و یا یک اقلیم گذاشته‌اند. برای مثال می‌توان به مطالعات لی و همکاران (۱۷) روی سورگوم و هلدن (۱۴) که در خصوص جو و سیب‌زمینی مومانی و همکاران (۲۳) که بر روی گندم، برنج، ذرت، سیب زمینی، پیاز، نخود، لوبیا و پنبه مطالعه نموده‌اند، اشاره کرد. بنابراین در تحقیق حاضر با توجه به اطلاعات موجود، برای هر یک از محصولات (گندم آبی و دیم، جو آبی و دیم و ذرت دانه‌ای) در یک اقلیم و سه زیراقلیم مختلف با استفاده از یک الگو رگرسیونی، اثر تغییر اقلیم بر عملکرد هر یک از محصولات با استفاده از اطلاعات سری زمانی دوره‌ی ۹۴-۱۳۶۱، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مدل درجه حرارت و بارندگی به‌عنوان فاکتورهای اقلیمی اصلی و متغیر روند زمانی به عنوان شاخصی از پیشرفت تکنولوژی طی زمان در نظر گرفته شده است و اثر سایر عوامل مؤثر بر عملکرد در جزء اخلال در نظر گرفته می‌شود (۲۳). از آنجا که هدف به دست آوردن کشش متغیرهای اقلیمی است، تمام متغیرها به‌جز متغیر روند زمانی، به فرم لگاریتمی در نظر گرفته شدند. فرم کلی مدل رگرسیونی به‌صورت زیر است (۲۳):

$$LnYt = f(Lntempt, Lnraint, time) + \varepsilon \quad (۱۳)$$

که در آن: LnYt: لگاریتم متوسط عملکرد محصول در سال tام، Lntempt: لگاریتم میانگین درجه حرارت در سال tام، Lnraint: لگاریتم میانگین بارندگی در سال tام، time: روند زمانی و ε، جزء اخلال است.

بعد از محاسبه ضرایب واکنش عملکرد محصولات می‌توان تغییر در عملکرد محصولات مختلف بر اثر تغییر در متغیرهای اقلیمی را محاسبه نمود.

برای تعیین تغییرات ایجادشده در تقاضا و درنهایت تعیین قیمت‌های تعادلی نیاز به ضرایب تابع تقاضای محصولات کشاورزی است. برای این منظور تقاضا برای هر یک از محصولات تابعی از قیمت محصول، درآمد و قیمت محصول جانشین در نظر گرفته می‌شود (۴، ۱۹).

$$LnQi = f(Lnpi, LnIi, Lnppi) + \varepsilon \quad (۱۴)$$

که در رابطه بالا، LnQi: لگاریتم تقاضای محصول در زیر اقلیم iام، Lnpi: لگاریتم متوسط قیمت محصول در زیر اقلیم iام، LnIi: لگاریتم درآمد در زیر اقلیم iام، Lnppi: لگاریتم متوسط قیمت محصول جانشین در زیر اقلیم iام و ε : جزء اخلال است. سپس با استفاده از ضرایب محاسبه‌شده، شیب (β) و عرض از مبدأ (α) تابع تقاضا برای هر یک از محصولات از طریق روابط زیر محاسبه می‌شود (۲۳):

$$\alpha = P - B\,q \quad (۱۵)$$

$$\beta = {}^{\varepsilon}\Big/\left(\frac{P}{Q}\right) \quad (۱۶)$$

مقدار تغییرات عرضه بر اثر تغییرات اقلیمی توسط الگو AMM تعیین می‌شود و نیازی به محاسبه‌ی تابع عرضه نیست و مقدار تغییرات عرضه به واسطه تغییرات اقلیمی از طریق ضرایب پاسخ عملکرد محاسبه می‌شود.

از آنجا که تعداد شهرستان‌های کشور زیاد بوده و نمی‌توان تمام شهرستان‌ها را مورد بررسی قرار داد و همچنین به علت تفاوت نیاز آبی محصولات در اقلیم‌های مختلف، لازم است به پهنه‌بندی دقیق اقلیمی پرداخته شود.

جدول ۱- طبقه‌بندی اقلیمی بر اساس روش دومارتن اصلاح شده

Table 1- Climatic classification based on modified Domartan method

اقلیم Climate	محدوده ضریب خشکی دومارتن (I) Domarton drought coefficient range (I)
خشک Dry	I<10
نیمه‌خشک Semi-arid	10 to 19.9
مدیترانه‌ای Mediterranean	20 to 23.9
نیمه مرطوب Sub-humid	24 to 27.9
مرطوب Wet	28 to 34.9
خیلی مرطوب Very wet	I >35

Source: Alizadeh (3) مأخذ: علیزاده (۳)

جدول ۲- طبقه‌بندی زیراقلیم‌ها بر اساس روش دومارتن اصلاح شده

Table 2- The classification of sub-climates based on the modified Domartan method

زیراقلیم Sub-climate	محدوده متوسط حداقل دما در سردترین ماه سال Average minimum temperature range in the coldest month of the year
گرم Warm	>5
معتدل Temperate	0 to 5
سرد Cold	-7 to 0
فراسرد Ultracold	<-7

Source: Alizadeh (3) مأخذ: علیزاده (۳)

پهنه‌بندی اقلیمی در مطالعات متفاوت با توجه به اهداف کاربردی آن‌ها به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد؛ که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان روش‌های دومارتن[۱]، کوپن[۲]، ایوانف[۳]، بارات[۴]، ترنت وایت[۵] و سلیانینوف[۶] نام برد. روش دومارتن بهترین و پرکاربردترین و ساده‌ترین روش طبقه‌بندی اقلیم برای کشور ایران محسوب می‌شود (۱۲)؛ بنابراین در مطالعه‌ی حاضر از روش دومارتن استفاده شده است. برای این منظور از نوع تکمیل شده آن که پهنه‌بندی را بر اساس درجه حرات و مقدار بارندگی به طور همزمان انجام می‌شود و به‌عنوان روش دومارتن اصلاح‌شده شناخته می‌شود، استفاده گردید. رابطه این روش به‌صورت ذیل می‌باشد:

$$I = \frac{p}{(t+10)} \qquad (۱۷)$$

در رابطه بالا I: شاخص خشکی؛ P: میانگین بارش سالانه بر حسب میلی‌متر و t: میانگین درجه حرارت سالانه بر حسب درجه سانتی‌گراد است. بر اساس مقادیر I شش نوع اقلیم (جدول ۱) و چهار نوع زیراقلیم (جدول ۲) از یکدیگر متمایز می‌گردد (۳۲).

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل سطح زیرکشت، مقدار آب مصرفی، قیمت، صادرات، واردات، نرخ تورم و عملکرد طی دوره ۹۴-۱۳۵۵، متغیرهای اقلیمی بارش و دما برای دوره ۹۶-۱۳۵۶، که از آمارنامه‌های جهاد کشاورزی، درگاه اینترنتی سازمان هواشناسی کشور، درگاه ملی آمار ایران، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، بانک جهانی، فائو جمع‌آوری شده است و نیاز آبی گیاهان از نرم افزار NETWAT استفاده شد.

1- De Martoune
2- Coupon
3- Ivanov
4- Barat
5- Thornthwaite
6- Selyaninov

نتایج و بحث

به‌منظور پهنه‌بندی اقلیمی کشور، اطلاعـات دمـا و بـارش بـرای ۱۴۷ ایستگاه سینوپتیک برای یک دوره ۴۰ سال استفاده شـد. سـپس با استفاده از روش دومارتن اصلاح شده، مناطق نیمه‌خشک کشور بـه سه زیراقلیم نیمه خشک سرد، نیمه خشک گرم و نیمه خشک معتـدل تقسیم‌بندی گردید و نتایج آن در جدول ۳ ارائه شـده اسـت. لازم بـه ذکر است به دلیل تعداد کم مناطق فراسرد و نیاز آبی تقریبـاً یکسـان محصولات در مناطق فراسـرد و منـاطق سـرد، ایـن دو منطقـه یـک زیراقلیم در نظر گرفته شده است.

جدول ۳- تقسیم‌بندی شهرستان‌ها در اقلیم‌ها و زیراقلیم‌های ایران به وسیله روش دومارتن اصلاح شده

Table 3- Division of counties in climates and sub-climates of Iran by the modified Doomarton method

اقلیم Climate	استان Province	شهرستان County
	ایلام Ilam	آبدانان Abdanan
	خوزستان Khuzestan	لالی، مسجدسلیمان Lali, Masjed Suleiman
	قزوین Qazvin	سیردان، رازمیان Syrdan, Razmian
نیمه‌خشک گرم Semi-arid warm	کهکیلویه و بویر احمد Kohluyeh & Boyer Ahmad	لیکک Likak
	بوشهر Bushehr	آب پخش Abpakhsh
	گلستان Golestan	مینودشت Minoodasht
	خراسان رضوی Khorasan Razavi	تایباد Taybad
	فارس Fars	فیروزآباد فارس، نورآباد ممسنی، شیراز، درودزن Firoozabad Fars, Noorabad Mamasani, Shiraz, Droodzan
	تهران Tehran	لواسان Lavasan
	خوزستان Khuzestan	دهدز، ایذه Dehdez, Ize
	کهکیلویه و بویر احمد Kohluyeh & Boyer Ahmad	دهدشت، دوگنبدان Dehdasht, Dogonbadan
نیمه‌خشک معتدل Semi-arid temperate	ایلام Ilam	دره شهر، لومار Darreh shahr, Lomar
	کرمانشاه Kermanshah	گیلان غرب، سرپل ذهاب، تازه‌آباد Gilan West, Sar-e Pol-e Zahab, Tazehabad
	گلستان Golestan	بندرگز، بندرترکمن، گنبدکاوس، گرگان، مراوه‌تپه، گلستان Bandar Gaz, Bandar Turkmen, Gonbad-e Qabus, Golestan, Maravehtapeh, Golestan
	گیلان Gilan	رودبار Rudbar
	لرستان Lorestan	پل‌دختر Pol Dokhtar
	مازندران Mazandaran	گلوگاه، بندر امیرآباد، پل سفید Galougah, Amirabad Port, Pol sefid

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

ادامه جدول ۳- تقسیم‌بندی شهرستان‌ها در اقلیم‌ها و زیراقلیم‌های ایران به وسیله روش دومارتن اصلاح شده

Table 3- Division of counties in climates and sub-climates of Iran by the modified Doomarton method

اقلیم Climate	استان Province	شهرستان County
نیمه‌خشک سرد Semi-arid cold	آذربایجان شرقی East Azarbaijan	اهر، عجب‌شیر، هریس، ملکان، مراغه، مرند، میانه، شبستر، تبریز، کلیبر، بستان‌آباد، چاراویماق، سراب، ورزقان Ahar, Ajabshir, Harris, Malkan, Maragheh, Marand, Mianeh, Shabestar, Tabriz, Kalibar, Bostan Abad, Charavimaq, Sarab, Varzaqan
	آذربایجان غربی Western Azerbaijan	بوکان، مهاباد، میاندوآب، نقد، پلدشت، شاهین‌دژ، خوی، ماکو، ارومیه، سلماس، تکاب، کهریز Bukan, Mahabad, Miandoab, Naghd, Poldasht, Shahin Dez, Khoy, Maku, Orumiyeh, Salmas, Takab, Kahriz
	اردبیل Ardebil	بیله سوار، گرمی، مشکین‌شهر، نمین، نیر، اردبیل، سرعین Bale Savar, Grammy, Meshkin Shahr, Namin, Nair, Ardebil, Sarein
	اصفهان Esfahan	خوانسار، سمیرم، داران Khansar, Samiram, Daran
	البرز Alborz	طالقان، هشتگرد Taleghan, Hashtgerd
	ایلام Ilam	ایلام، سرابله Ilam, Surabelle
	کرمان Kerman	راین Rhine
	تهران Tehran	دماوند، شمیران، فیروزکوه Damavand, Shemiran, Firoozkooh
	چهارمحال بختیاری Chahar Mahal Bakhtiari	اردل، فارسان، سامان، بروجن، شهرکرد Ardel, Farsan, Saman, Borujen, Shahrekord
	خراسان رضوی Khorasan Razavi	مشهد، نیشاپور، قوچان Mashhad, Nishapur, Quchan
	خراسان شمالی North Khorasan	جاجرم، راز، فاروج Jajarm, Raz, Faroj
	مازندران Mazandaran	کیاسر، کجور، بلده Kaiser, Kujur, Baladeh
	زنجان Zanjan	خدابنده، خرم دره، ماه‌نشان، زنجان Khodabandeh, Khorram Valley, Mahanshan, Zanjan
	سمنان Semnan	مهدی‌شهر، رضوان Mehdi Shahr, Rezvan
	فارس Fars	اقلید، زرقان، دشت نمدان Eglid, Zarqhan, Namdan Plain
	گیلان Gilan	دیلمان، جیرنده Dillman, Girandeh
	قزوین Qazvin	آوج، قزوین، کوهین Avaj, Qazvin, Kohin
	کردستان Kurdistan	بیجار، کامیاران، سنندج، باباراشانی، دهگلان، دیوان دره، یاسوگند، زرینه، قروه Bijar, Kamyaran, Sanandaj, Babarashani, Dehgolan, Divan Dare, Yasogand, Zarineh, Qorveh
	کرمانشاه Kermanshah	اسلام‌آباد غرب، هرسین، جوانرود، کنگاور، کرمانشاه، روانسر، سنقر Islam Abad West, Harsin, Javanrood, Kangavar, Kermanshah, Ravansar, Sangar
	لرستان Lorestan	الشتر، بروجرد، خرم‌آباد، کوه دشت، ایمان آباد، نورآباد، ازنا Alashtar, Boroujerd, Khorramabad, Dasht Mountain, Imanabad, Noorabad, Azna
	مرکزی Markazi	اراک، آشتیان، خمین، خنداب، تفرش، غرق‌آباد، کمیجان، شاهزند Arak, Ashtian, Khomein, Khandab, Tafresh, Gharaghabad, Kamijan, Shazand
	همدان Hamedan	اسدآباد، فامنین، ملایر، نهاوند، رزن، تویسرکان، قهاوند، همدان Asadabad, Faminin, Malayer, Nahavand, Razan, Tuyserkan, Qahavand, Hamedan

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

همانگونه که در بخش قبل اشاره شد برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات از تابع واکنش عملکرد استفاده شد. نتایج برآورد این تابع برای محصولات مورد بررسی در زیر اقلیم‌های نیمه‌خشک کشور در جدول ۴ ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود تنها محصولی که نسبت به تغییرات بارندگی عکس‌العمل معکوس نشان داده، ذرت دانه‌ای است که با نتایج منابع ۲۳ و ۶ مطابقت دارد. هر یک از ضرایب نشان می‌دهد که با تغییر یک درصدی در مقدار دما و یا بارش، عملکرد محصولات چه مقدار تغییر می‌یابد که به دلیل محدودیت صفحات مقاله از تفسیر آنها خودداری شده است. لازم به ذکر است ضریب متغیر دما در محصول گندم دیم و جو دیم در زیراقلیم نیمه خشک گرم و گندم دیم در زیراقلیم نیمه خشک معتدل از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد و سایر ضرایب معنی‌دار است.

با توجه به ضرایب تخمین‌زده شده از توابع عملکرد، اثرگذاری تغییر در متغیرهای اقلیمی بر عملکرد محصولات مورد مطالعه محاسبه می‌شود. به این صورت که درصد تغییرات پیش‌بینی‌شده‌ی در متغیرهای اقلیمی درجه حرارت و بارندگی در ضریب مربوط به آن‌ها ضرب می‌شود و سپس میزان تغییرات عملکرد در هکتار برحسب درصد در هر سناریوی اقلیمی برای محصولات منتخب به دست می‌آید (۲۳).

جدول ۵، کشش تقاضای محصولات موردبررسی ارائه شده است؛ همان‌گونه که مشاهده می‌گردد واکنش قیمتی محصولات فوق کوچک‌تر از یک و همگی در سطح پنج درصد معنی‌دار است و این بیانگر آن است که همه محصولات بی‌کشش هستند. لازم به ذکر است برای براورد توابع تقاضا فرم‌های تابعی ترانسلوگ، درجه دوم، ترانسندنتال و لئونتیف تعمیم یافته و کاب-داگلاس مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به شاخصهای آماره خوبی برازش، فرم کاب-داگلاس مورد پذیرش قرار گرفت. همچنین در تابع تقاضا براورد شده، محصول برنج به‌عنوان جانشین گندم (۴۰)، محصول گندم به‌عنوان جانشین جو و کنجاله سویا به‌عنوان محصول جانشین ذرت دانه‌ای در نظرگرفته شد که دلیل این امر نزدیکی جایگزینی بین محصولات این بوده و در مطالعات مختلف نیز مورد استفاده قرار گرفته شده‌اند.

برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بایستی تغییرات آب‌وهوایی در قالب سناریویی مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور از سناریوی انتشار IPCC که در قالب ۱۸ سناریوی اقلیمی تدوین شده، استفاده گردید (۱). در پژوهش حاضر از میانگین این ۱۸ سناریو استفاده شد. لازم به ذکر است که در هر سناریو آب‌وهوایی بیش از ۲۰ عامل مانند میزان دی‌اکسیدکربن و نرخ رشد جمیت و ... بر کاهش یا افزایش دما و بارش اثرگذار دانسته شده است، در این تحقیق ۱۸ سناریو در نظر گرفته شده است و میانگین آنها در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال بر اساس میانگین این عوامل تا سال ۲۰۲۵ دما ۱ درجه افزایش و بارش حدود ۰/۹ میلیمتر کاهش می‌یابد. این شیوه توسط عباسی و اثمری (۱) نیز مورد استفاده قرار گرفته است. در جدول ۶ میانگین تغییرات بارش و دمای پیش‌بینی‌شده برای سال ۲۰۲۵ (افق ۱۴۰۴) بر اساس سناریوهای فوق آورده شده است. در مطالعات گذشته پیش‌بینیهای اقلیمی برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ انجام شده است. در این مطالعه افق ۲۰۲۵ به عنوان سال پیش‌بینی انتخاب گردید؛ زیرا نزدیکترین سال به زمان انجام تحقیق است و هر چه زمان پیش‌بینی کوتاه‌تر باشد نتایج قابل استنادتر است و همچنین این دوره منطبق بر سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ کشور است.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود روند تغییرات بارش کشور در سال‌های آینده نزولی خواهد بود و پیش‌بینی می‌شود در ۲۰۲۵ به میزان ۰/۹ درصد کاهش بارندگی نسبت به شرایط سال ۱۹۹۶ (۱۳۹۴) خواهیم داشت؛ اما روند تغییرات دما حالت صعودی دارد و دمای کشور در ۲۰۲۵ به میزان یک درصد نسبت به سال ۱۳۹۴ افزایش می‌یابد.

در مطالعات پونس و همکاران (۲۷) و مومنی (۲۲) به علت تصادفی بودن ماهیت تغییرات اقلیمی فرض بر آن شده که تغییرات اقلیمی در زیراقلیم‌های مختلف یکسان نیستند. بلکه تغییرات اقلیمی به‌صورت یک متغیر تصادفی، از طریق میانگین اعداد پیش‌بینی‌شده بارش و دما، انحراف معیار آن‌ها و با استفاده از تابع توزیع نرمال ساخته می‌شود. در مطالعه‌ی حاضر نیز، جهت تولید اعداد تصادفی برای بارش و دما در زیر اقلیم‌های مختلف از میانگین اعداد جدول ۶ و انحراف معیارهای ذکرشده در جدول۷، استفاده گردید. بر این اساس سناریوهای تغییر اقلیم برای زیراقلیم‌های مختلف کشور به‌صورت جدول ۸ برای بارش و دما به دست آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، بیشترین کاهش بارش در سال‌های ۲۰۲۵ مربوط به زیر اقلیم نیمه‌خشک گرم و حدود ۱/۴۲۰- درصد می‌باشد. بیشترین افزایش دما در سال ۲۰۲۵ مربوط به زیر اقلیم نیمه‌خشک گرم و حدود ۱/۳۶۴ درصد است.

میانگین عملکرد محصولات در زیراقلیم نیمه‌خشک کشور در حالت فعلی و برای سال ۲۰۲۵ در جدول ۹ گزارش شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بیشترین تغییرات عملکرد با حدود ۰/۰۱۴۳۳۱ درصد مربوط به محصول جو دیم در زیراقلیم نیمه‌خشک گرم و حدود ۰/۰۰۹۰۷۸- درصد برای محصول جو آبی در زیراقلیم نیمه‌خشک معتدل است. کمترین تغییرات نیز مربوط به گندم دیم و گندم آبی به ترتیب به اندازه ۰/۰۰۰۴۱۴ و ۰/۰۰۲۱۲۷- درصد در زیراقلیم نیمه‌خشک سرد است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود با ایجاد تغییرات اقلیمی، عملکرد محصولات گندم دیم، جو آبی، جو دیم و ذرت دانه‌ای در زیراقلیم نیمه‌خشک سرد به ترتیب به میزان

۰/۰۰۰۴۱۴، ۰/۰۰۲۱۷۱، ۰/۰۰۲۴۰۷ و ۰/۰۱۳۵۸۳ درصد افزایش خواهد یافت و محصولات جو آبی و جو دیم در زیراقلیم نیمه‌خشک گرم به ترتیب به اندازه ۰/۰۰۲۸۸۶ و ۰/۰۱۴۳۳۱ درصد افزایش خواهد داشت. همچنین عملکرد محصولات گندم آبی، جو دیم و ذرت دانه‌ای در زیراقلیم نیمه‌خشک معتدل به ترتیب به اندازه ۰/۰۰۶۸۲۱، ۰/۰۰۳۸۹۷ و ۰/۰۱۳۴۷۴ درصد افزایش داشته است.

جدول ٤. ضرایب واکنش عملکرد محصولات موردبررسی در اقلیم نیمه‌خشک کشور طی سال‌های ٩٤-١٣٦١

Table 4- Yield response factors of the studied crops in Iran's Semi-arid climates during 1982-2015 period

زیراقلیم Sub-climate	محصول Crop	بارش Precipitation	دما Temperature	روند زمانی Time trend	ضریب تعیین Coefficient of determination	آماره دوربین واتسون Durbin-Watson statistic
نیمه‌خشک سرد Semi-arid cold	گندم آبی Irrigated wheat	0.941 (0.0044)***	0.847 (0.0298)**	0.007619 (0.0407)**	0.34	1.31
	گندم دیم Dry-farmed wheat	1.225 (0.0536)*	1.421 (0.0647)*	0.020722 (0.0066)***	0.30	1.41
	جو آبی Irrigated barley	0.562 (0.0217)**	0.850 (0.0015)***	–	0.41	1.54
	جو دیم Dry-farmed barley	0.668 (0.0814)*	0.993 (0.0352)**	0.014832 (0.0017)***	0.35	1.91
	ذرت دانه‌ای Corn	0.334 (0.0701)*	0.982 (0.0001)***	0.008842 (0.0002)***	0.52	1.54
نیمه‌خشک گرم Semi-arid warm	گندم آبی Irrigated wheat	1.523 (0.0065)***	0.842 (0.0963)*	0.015592 (0.0440)**	0.45	1.67
	گندم دیم Dry-farmed wheat	1.234 (0.0619)*	0.941 (0.1858)	0.030395 (0.0010)***	0.37	1.44
	جو آبی Irrigated barley	1.208 (0.0627)*	1.469 (0.0404)**	0.031716 (0.0005)***	0.40	1.73
	جو دیم Dry-farmed barley	0.505 (0.0698)*	1.576 (0.1177)	0.024913 (0.0010)***	0.33	1.70
	ذرت دانه‌ای Corn	-1.244 (0.0010)***	0.635 (0.0811)-	–	0.39	1.99
نیمه‌خشک معتدل Semi-arid temperate	گندم آبی Irrigated wheat	0.414 (0.0344)**	1.151 (0.0000)***	0.010974 (0.0005)***	0.71	1.43
	گندم دیم Dry-farmed wheat	1.302 (0.0432)**	0.866 (0.1390)	0.016050 (0.0568)*	032	1.48
	جو آبی Irrigated barley	1.294 (0.0002)***	0.705 (0.0211)**	0.017488 (0.0007)***	0.70	1.88
	جو دیم Dry-farmed barley	0.62 (0.0968)*	1.107 (0.0087)***	0.011759 (0.0163)**	0.32	1.82
	ذرت دانه‌ای Corn	-0.416 (0.0724)*	0.797 (0.0754)*	0.018905 (0.0000)***	0.63	1.82

مأخذ: یافته‌های تحقیق (* و **، *** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد، ۵ درصد و ۱ درصد)

Source: Research findings (*,**,*** are significance level of 10%, 5% and 1%, respectively

مدل رگرسیونی برای محصول ذرت دانه ای در زیر اقلیم نیمه خشک گرم پس از روند زدایی برآورد شدند

جدول ۵- کشش تقاضای محصولات موردبررسی طی سال‌های ۹٤-۱۳٦۱

Table 5- Elasticity of demand for the studied crops during 1982-2015 period

محصول Crop	لگاریتم قیمت Price log	لگاریتم درامد Income log	لگاریتم محصول جانشین Substitute crop log	R^2	DW	F	Prop	سایر مطالعات Other studies
گندم Wheat	-0.54 (0.0000***) [-5.260]	0.088 (0.0981*) [1.707]	0.20 (0.0143**) [2.599]	0.71	2.04	24.83	0.00000 (***)	فقیهی کاشانی (۱۱): ۰/۵۸- − Faghihi Kashani (11): 0/58 اسفندیاری (۱۰): ۰/۶۴- Esfandeyari (10): -0/64 مهجوری و همکاران (۱۹): ۰/۴۳- −Mahjori etal (19): 0/43
جو Barley	-0.41 (0.0000***) [-4.798]	0.064 (0.0443**) [2.099]	0.15 (0.0859*) [1.775]	0.54	1.60	11.95	0.000025 (***)	شعبان زاده و همکاران (۳۳): ۰/۴۳- Shabanzadh et al (33):-0/43
ذرت دانه‌ای Corn	-0.33 (0.0196**) [-2.465]	0.75 (0.0008***) [3.744]	0.24 (0.0000***) [6.107]	0.76	1.47	32.45	0.00000 (***)	احمدیان و همکاران (۲): ۰/۴۳- Ahmadeyan et al (2): -0/43 شیخ زین‌الدین و بخشوده (۳۴): ۰/۲۵- Sheikh zeynedin & bakhshodeh (34): -0/25

Source: Research finding

مأخذ: یافته‌های تحقیق

The numbers in parentheses are the significance levels of the factors . (*,**,*** are significance level of 10%, 5% and 1%, repectively)

The numbers in brackets indicate t values.

اعداد داخل پرانتز سطح معنی‌داری ضرایب هستند. (* و **، *** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد، ۵ درصد و ۱ درصد)

اعداد داخل کروشه نشان‌دهنده t می‌باشند.

جدول ٦- تغییرات بارش و دمای پیش‌بینی‌شده‌ی (درصد) کشور برای سال ۲۰۲۵

Table 6- Predicted variations of Iran's precipitation and temperature for 2025

متغیرها Variables	سال ۲۰۲۵ Years 2025
بارش Precipitation	-0.9
دما Temperature	1

Source: Abbasi and Asmari (1)

مأخذ: عباسی و اثمری (۱)

جدول ۷- محاسبه انحراف معیار بارندگی و دما در زیر اقلیم‌های مختلف کشور در سال ۱۳۹٤

Table 7- Calculation of standard deviation for precipitation and temperature in Iran's various climates and sub-climates in 2015

زیر اقلیم Sub-climate	بارش Precipitation	دما Temperature
نیمه‌خشک گرم Warm semi-arid	1.321	0.390
نیمه‌خشک سرد Cold semi-arid	0.298	0.270
نیمه‌خشک معتدل Temperate semi-arid	0.380	0.118

Source: Research findings

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۸- تغییرات بارش و دما در زیر اقلیم‌های مختلف برای سال ۲۰۲۵

Table 8- Variations of precipitation and temperature in Iran's various sub-climates for 2025

زیر اقلیم Sub-climate	تغییرات بارش سال ۲۰۲۵ Precipitation variations for 2025	تغییرات دما سال ۲۰۲۵ Temperature variations for 2025
نیمه‌خشک گرم Warm semi-arid	-1.420	1.364
نیمه‌خشک سرد Cold semi-arid	-1.126	1
نیمه‌خشک معتدل Temperate semi-arid	-1.245	1.041

Source: Research findings — مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۹. میانگین عملکرد محصولات موردبررسی در زیر اقلیم‌های نیمه‌خشک کشور (کیلوگرم)

Table 9- The average yield of the studied crops in Iran's Semi-Arid climates and sub-climates (kg)

زیر اقلیم Sub-climate	محصول Crop	فعلی Current	سال ۲۰۲۵ Years 2025	درصد تغییرات Change percent
نیمه‌خشک گرم Warm semi-arid	گندم آبی Irrigated wheat	3491.6	3456.183	-0.010143
	گندم دیم Dry-farmed wheat	1809.2	1800.719	-0.004687
	جو آبی Irrigated barley	4051.7	4063.394	0.002886
	جو دیم Dry-farmed barley	1149.4	1165.872	0.014331
	ذرت دانه‌ای Corn	0.001	0	0
نیمه‌خشک سرد Warm semi-arid	گندم آبی Irrigated wheat	4008.7	4000.172	-0.002127
	گندم دیم Dry-farmed wheat	1339.3	1339.855	0.000414
	جو آبی Irrigated barley	3354.8	3362.084	0.002171
	جو دیم Dry-farmed barley	1127.9	1130.615	0.002407
	ذرت دانه‌ای Corn	7531.1	7633.393	0.013583
نیمه‌خشک معتدل Temperate semi-arid	گندم آبی Irrigated wheat	4305.6	4334.969	0.006821
	گندم دیم Dry-farmed wheat	2059.3	2044.466	-0.007203
	جو آبی Irrigated barley	3342.7	3313.354	-0.009078
	جو دیم Dry-farmed barley	1671.1	1677.613	0.003897
	ذرت دانه‌ای Corn	7385.4	7484.912	0.013474

Source: Research findings — مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول ۹ همچنین نشان می‌دهد که عملکرد محصولات گندم دیم و جو آبی در زیراقلیم نیمه خشک معتدل در سال ۲۰۲۵ به ترتیب به میزان ۰/۰۰۷۲۰۳ و ۰/۰۰۹۰۷۸ کاهش خواهد یافت و محصولات گندم آبی و گندم دیم در زیراقلیم نیمه‌خشک گرم به ترتیب به اندازه ۰/۰۱۰۱۴۳ و ۰/۰۰۴۶۷۸ کاهش می‌یابد. اما عملکرد محصول ذرت دانه‌ای در زیراقلیم نیمه‌خشک گرم هیچ تغییری

نخواهد داشت.

لازم به ذکر است که علت واکنش بیشتر عملکرد محصولات به دما نسبت به بارش، بیشتر بودن ضریب واکنش عملکرد دما نسبت به بارش است. درخصوص ذرت دانه‌ای کاهش ضریب واکنش به بارش و افزایش ضریب واکنش به دما در مجموع باعث افزایش عملکرد ذرت دانه‌ای شده است. نتایج این تحقیق با نتایج مطالعات ساجدین و مدسر[1] (۳۱)، [افزایش دما به اندازه ۱/۵ تا ۳ درجه سانتی‌گراد عملکرد محصول گندم را در ناحیه‌ی چیترال پاکستان افزایش می‌دهد] جنت صادقی و همکاران (۱۵)، [افزایش دما بیشترین میزان تأثیر مثبت بر عملکرد گندم دارد]، مومنی (۲۲) [افزایش دما از ۰ تا ۲/۳۵ درجه سانتی‌گراد را باعث افزایش عملکرد گندم را در استان فارس می‌دانند و همچنین کاهش بارندگی و افزایش دما سبب افزایش عملکرد محصول ذرت دانه‌ای می‌شود] و مولایی و همکاران (۲۰) [دما تأثیر مثبتی بر عملکرد گندم و جو می‌گذارد] مطابقت دارد.

از آنجا که (طبق جدول ۸) میزان بارش برای افق ۲۰۲۵ کاهش و میزان دما افزایش می‌یابد، باید افزایش ضریب واکنش به دما بیشتر از کاهش ضریب واکنش به بارش باشد تا در مجموع باعث افزایش عملکرد محصولات زراعی گردد. البته در بعضی از مناطق کاهش ضریب بارش بر افزایش عملکرد بعضی از محصولات تأثیرگذار بوده است. به‌عنوان مثال در زیراقلیم نیمه‌خشک سرد، محصول گندم آبی ضریب واکنش به بارش ۰/۹۴۱ میلی‌متر و ضریب فوق برای گندم دیم ۱/۲۲۵ میلی‌متر بوده است. همچنین ضریب واکنش به بارش برای محصول گندم آبی در زیراقلیم نیمه‌خشک معتدل حدود ۰/۴۱۴ میلی‌متر و برای محصول گندم دیم معادل ۱/۳۰۲ میلی‌متر است و نشان‌دهنده آن است که ضریب واکنش به بارش محصول گندم آبی کمتر از محصول گندم دیم می‌باشد. نتایج فوق با نتایج مطالعات؛ جنت صادقی و همکاران (۱۵)، مومنی (۲۲)، مساعدی و کاهه (۲۴) مطابقت دارد.

درخصوص برخی از محصولات مانند گندم آبی و دیم، جو آبی و دیم در بعضی از زیراقلیم‌ها عملکردشان برای سال ۲۰۲۵ روند کاهشی داشته است که دلیل آن می‌تواند ناشی از کاهش یا افزایش ضریب واکنش به دما یا بارش باشد. به‌عنوان مثال در زیراقلیم نیمه‌خشک گرم محصول گندم آبی ضریب واکنش به دما ۰/۸۴۲ درجه سانتی‌گراد و ضریب واکنش به دما محصول گندم دیم در زیراقلیم نیمه‌خشک گرم ۰/۹۴۱ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است و ضریب واکنش به دما محصول گندم آبی کمتر از محصول گندم دیم می‌باشد.

نتایج مطالعه نشان داد که عملکرد محصولات نام برده در بعضی از زیراقلیم‌ها نسبت به کاهش یا افزایش بارش عکس‌العمل نشان نمی‌دهند و بیشترین تأثیر را افزایش یا کاهش دما بر عملکرد محصولات منتخب داشته است. با بررسی این تغییرات اینگونه استنباط می‌شود که اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات مختلف متفاوت است که می‌تواند باعث کاهش یا افزایش عملکرد محصولات منتخب در زیر اقلیم‌های مختلف گردد.

پس از بررسی تغییرات اقلیمی، لازم است اثرات این تغییرات بر سطح زیرکشت، قیمت، درآمد بهره‌برداران و صادرات و واردات مورد بررسی قرار گیرد. همانگونه که در بخش مواد و روشها اشاره گردید برای این منظور از الگوی AMM استفاده می‌شود. برای این منظور ابتدا الگوی براساس اطلاعات سال ۱۳۹۴ کالیبره شده و سپس تغییرات اقلیمی پیش‌بینی شده بر شاخص‌های ذکر شده مورد بررسی قرار گرفته است و در ادامه به تشریح نتایج الگو پرداخته می‌شود. نتایج حاصل از تغییرات سطح زیرکشت محصولات در زیراقلیم‌های مختلف در حالت فعلی (سال ۱۳۹۴) و سال ۲۰۲۵ (افق ۱۴۰۴) برای پنج محصول زراعی در جدول ۱۰ آورده شده است.

مطابق با جدول ۱۰ بیشترین تغییرات سطح زیرکشت محصولات بر اساس میانگین سناریو تغییرات اقلیمی حدود ۱/۱۲ درصد برای محصول جو آبی در زیراقلیم نیمه‌خشک گرم و حدود ۰/۰۸- درصد برای محصول ذرت دانه‌ای در زیراقلیم نیمه‌خشک سرد است. کمترین تغییرات نیز برای محصولات گندم آبی و گندم دیم به ترتیب حدود ۰/۰۰۱۶ و ۰/۰۰۰۹- درصد در زیراقلیم نیمه‌خشک سرد است. همانگونه که ملاحظه می‌شود اثر تغییرات اقلیمی بر سطح زیرکشت محصول ذرت دانه‌ای در زیراقلیم‌های نیمه‌خشک سرد و نیمه‌خشک معتدل به ترتیب حدود ۰/۰۸ و ۰/۰۴۳ درصد کاهش یافته است و محصولات گندم آبی و گندم دیم در زیراقلیم نیمه‌خشک گرم به ترتیب به اندازه ۰/۰۱۸ و ۰/۰۲۳ درصد کاهش یافته است. سطح زیرکشت گندم دیم در زیراقلیم نیمه‌خشک سرد به میزان ۰/۰۰۰۹ درصد و محصول گندم آبی در زیراقلیم نیمه‌خشک معتدل به اندازه ۰/۰۰۹ درصد کاهش یافته است.

از سوی دیگر سطح زیرکشت محصولات جو آبی و جو دیم در زیراقلیم‌های نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک سرد و نیمه‌خشک معتدل به ترتیب حدود ۱/۱۲، ۱/۱، ۰/۰۰۶، ۰/۰۰۵۶۳۰، ۰/۰۱۵، ۰/۰۰۱۸ درصد افزایش یافته است. محصول گندم آبی در زیراقلیم نیمه‌خشک سرد حدود ۰/۰۰۱۶ درصد افزایش نشان می‌دهد. همچنین محصول گندم دیم در زیراقلیم نیمه‌خشک معتدل حدود ۰/۰۰۵ درصد افزایش یافته است.

1- Sajidin & Mudasser

جدول ۱۰- سطح زیرکشت محصولات در زیر اقلیم‌های مختلف کشور در حالت فعلی و برای سال ۲۰۲۵ (هزار هکتار)

Table 10- Crop area in Semi-arid climates and subclimates currently and 2025 (thousand hectares)

زیر اقلیم Sub-clima	محصول Crop	میزان تولید Crop amount			سطح زیر کشت Farming area		
		فعلی Current	سال ۲۰۲۵ Years 2025	درصد تغییرات Variation percent	فعلی Current	سال ۲۰۲۵ Years 2025	درصد تغییرات Variation percent
نیمه‌خشک گرم Warm semi-arid	گندم آبی Irrigated wheat	17604.647	1711.273	-0.028025	5.042	4.951	-0.018048
	گندم دیم Dry-farmed wheat	111976.816	108838.640	-0.028025	61.893	60.442	-0.023443
	جو آبی Irrigated barley	1627.973	1827.223	0.122391	0.402	0.450	1.119402
	جودیم Dry-farmed barley	16123.668	18097.069	0.122430	14.028	15.522	1.106501
	ذرت دانه‌ای Corn	0	0	0	0	0	0
نیمه‌خشک سرد Cold semi-arid	گندم آبی Irrigated wheat	3402664.734	3400900.893	-0.000518	848.820	850.189	0.001612
	گندم دیم Dry-farmed wheat	4548118.156	4545760.546	-0.000518	3395.892	3392.725	-0.000932
	جو آبی Irrigated barley	1084135.155	1092864.582	0.008051	323.159	325.056	0.005870
	جودیم Dry-farmed barley	1035409.831	1043746.923	0.008051	917.998	923.167	0.005630
	ذرت دانه‌ای Corn	497409.574	463959.482	-0.067248	66.047	60.780	-0.080122
نیمه‌خشک معتدل Temperate semi-arid	گندم آبی Irrigated wheat	1338206.314	1335103.527	-0.002318	310.806	307.985	-0.009076
	گندم دیم Dry-farmed wheat	942996.715	940810.268	0-.002318	457.921	460.174	0.004920
	جو آبی Irrigated barley	162358.616	163288.269	0.005725	48.571	49.282	0.014638
	جودیم Dry-farmed barley	275959.606	277539.729	0.005725	165.137	165.437	0.001816
	ذرت دانه‌ای Corn	76030.477	73737.138	-0.030163	10.295	9.851	-0.043127

Source: Research findings مأخذ: یافته‌های تحقیق

یکی دیگر از عـواملی کـه در شـرایط اقلیمـی تحـت تـاثیر قـرار می‌گیرد، مقدار آب در دسترس است. کاهش میزان آب در دسترس از طریق کاهش سطح زیرکشت بر تولید محصولات اثرگذار خواهد بود و یا با کاهش میزان آبیاری محصولات، عملکرد آنها را کاهش می‌دهـد. در این پژوهش به بررسی میـزان کـاهش در مقـدار آب در دسـترس برای گیاهان در اقلیم نیمه خشک پرداخته شده است. برای این منظور ابتدا با استفاده از نرم افزار NETWAT نیـاز آبـی گیاهـان اسـتخراج گردیده و الگو براساس تغییـرات اقلیمـی و سـطح زیرکشـت گیاهـان میزان آب در دسترس را مشخص می‌نماید.

نتایج بررسی میزان تغییرات آب در دسترس بـرای افـق ۲۰۲۵ در جدول ۱۱ گزارش شده است. بیشترین تغییرات آب در دسترس حـدود ۰/۱۲ درصد برای محصول جو آبی در زیـراقلیم نیمـه‌خشـک گـرم و حـدود ۰/۰۸- درصـد بـرای محصـول ذرت دانـه‌ای در زیـراقلیم نیمه‌خشک سرد و کمترین تغییرات نیز برای محصـول گنـدم آبـی در زیر اقلیم‌های نیمه‌خشک سرد و نیمه‌خشک معتدل بـه ترتیـب حـدود ۰/۰۰۲ و ۰/۰۱- درصد اتفاق افتاده است. برای محصول جـو آبـی در زیر اقلیم‌های نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک سرد و نیمه‌خشـک معتـدل به ترتیب حدود ۰/۱۲، ۰/۰۰۶ و ۰/۰۱۵ درصد افزایش خواهـد یافـت. همچنین آب در دسترس برای محصول گنـدم آبـی در زیـراقلیم‌هـای نیمه‌خشک گرم و نیمه‌خشک معتدل به ترتیب حدود ۰/۰۱۸ و ۰/۰۰۹ درصـد کـاهش یافتـه اسـت و آب در دسـترس ذرت دانـه‌ای در زیراقلیم‌های نیمه‌خشک سرد و نیمه‌خشک معتـدل بـه ترتیـب حـدود ۰/۰۸ و ۰/۰۴۳ درصد کاهش یافته است اما در زیراقلیم نیمـه‌خشـک گرم تغییری محسوسی نداشته است.

نتایج حاصل از تغییـر در شـرایط اقلیمـی بـر قیمـت محصـولات کشاورزی در جدول ۱۲ ارائه شده است. شایان ذکر است کـه در ایـن پژوهش با توجه به اهمیت قیمت محصولات مورد بررسی و به دلیـل تفاوت سطح زیرکشـت آن‌هـا در زیـر اقلـیم‌هـای مختلـف از قیمـت سرمزرعه استفاده شده است و همچنـین قیمـت سـرمزرعه بـا قیمـت تضمینی کـه دولـت تعیـین مـی‌کنـد اخـتلاف نـاچیزی دارد (قیمـت سرمزرعه منتشر شده توسط جهادکشاورزی یا قیمت تضـمینی اعـلام شده در هر سال کمی مغایرت دارد). مطابق با جـدول فـوق بیشـترین تغییر قیمتی حدود ۳/۴۵ درصد بـرای محصـول ذرت دانـه‌ای در زیـر اقلیم نیمه‌خشک گرم و کمترین تغییر نیز برای قیمت محصول جـو و حدود ۰/۰۶ درصد در زیراقلیم نیمه‌خشک گرم اسـت. همانگونـه کـه مشاهده می‌شود قیمت محصولات در تمامی زیراقلیم‌ها افزایش یافتـه است که می‌تواند ناشی از کاهش تولید محصولات بـه دلیـل کـاهش سطح زیرکشت و افزایش تقاضا به دلیل افزایش جمعیت باشد.

جدول ۱۱- مقدار آب در دسترس در زیر اقلیم‌های نیمه‌خشک کشور در حالت فعلی و برای سال ۲۰۲۵ (متر مکعب)

Table 11- Amount of available water in the Semi-arid climates of the country at present and for 2025 (cubic meters)

زیر اقلیم Sub-climate	محصول Crop	فعلی Current	سال ۲۰۲۵ Years 2025	درصد تغییرات Change percent
نیمه‌خشک گرم Warm semi-arid	گندم آبی Irrigated wheat	20415.058	20046.258	-0.018065
	جو آبی Irrigated barley	1444.069	1616.147	0.1191610
	ذرت دانه‌ای Corn	0	0	0
نیمه‌خشک سرد Cold semi-arid	گندم آبی Irrigated wheat	2096585.400	2099965.975	0.0016212
	جو آبی Irrigated barley	644703.003	648486.135	0.005868
	ذرت دانه‌ای Corn	449980.936	414095.805	-0.079748
نیمه‌خشک معتدل Temperate semi-arid	گندم آبی Irrigated wheat	879580.980	871596.301	-0.009707
	جو آبی Irrigated barley	113656.374	115319.582	0.014633
	ذرت دانه‌ای Corn	76860.230	73550.823	-0.043057

Source: Research findings مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۱۲- قیمت محصولات در زیراقلیم‌های مختلف کشور در حالت فعلی و تغییر اقلیم (ریال)

Table 12- Prices of products in different climates and sub-climates of the country at present and climate change (Rials)

زیر اقلیم Sub-climate	محصول Crop	فعلی Current	سال ۲۰۲۵ Years 2025	درصد تغییرات Change percent
نیمه‌خشک گرم Warm semi-arid	گندم Wheat	11890	16054.655	0.097952
	جو Barley	10835	11498.991	0.061282
	ذرت دانه‌ای Corn	9750	43406.629	3.451961
نیمه‌خشک سرد Cold semi-arid	گندم Wheat	11789	15317.763	0.299326
	جو Barley	9869	13299.030	0.347555
	ذرت دانه‌ای Corn	9899	16090.255	0.625419
نیمه‌خشک معتدل Temperate semi-arid	گندم Wheat	12029	15669.704	0.302660
	جو Barley	9882	13299.515	0.345832
	ذرت دانه‌ای Corn	9826	14867.359	0.513063
میانگین قیمت محصولات در افق ۲۰۲۵ بدون در نظر گرفتن ذرت دانه‌ای در زیر اقلیم نیمه‌خشک گرم Average crop prices in 2025 horizon excluding Corn in hot and semi-arid climates	ذرت دانه‌ای Corn	9842.833	15849.650	0.610273

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

نتایج ارائه شده در جدول ۱۲ میزان تغییر در قیمت‌ها به دلیل تغییرات اقلیمی را نشان می‌دهد. از آنجا که نرخ تورم در کشور کمی بالاست، لازم است میزان اثر تورم نیز بر قیمت‌ها در نظر گرفته شود. برای پیش‌بینی نرخ تورم در سال ۲۰۲۵ بدین صورت عمل شد، از آنجاکه میانگین رشد تورم در طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۵۵ حدود ۶ درصد بوده است، فرض شد که این نرخ رشد ادامه داشته باشد و این امر سبب می‌شود تا نرخ تورم برای سال ۲۰۲۵ حدود ۵۴ درصد پیش‌بینی شود (نرخ تورم طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۴ که حدود ۹ سال است، سالانه حدود ۶ درصد رشد خواهد داشت). میزان تغییرات قیمت محصولات با لحاظ کردن نرخ تورم در زیر اقلیم‌های نیمه خشک تا سال ۲۰۲۵ در جدول ۱۳ ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، بیشترین تغییر قیمت حدود ۵/۸۶ درصد برای محصول ذرت دانه‌ای در زیراقلیم نیمه‌خشک گرم و کمترین تغییر نیز برای محصول جو در زیراقلیم نیمه‌خشک گرم و حدود ۰/۶۳ درصد بوده است.

جدول ۱۴ اثر تغییرات اقلیمی بر درآمد ناخالص کشاورزان در زیر اقلیم‌های مختلف نیمه خشک برای سال ۲۰۲۵ برحسب هزار میلیارد ریال آورده شده است. بیشترین تغییر درآمد ناخالص حدود ۰/۳۲ درصد در زیراقلیم نیمه‌خشک سرد و کمترین تغییر نیز حدود ۰/۳ درصد در زیراقلیم نیمه‌خشک گرم اتفاق افتاده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد با تغییرات اقلیمی درآمد ناخالص کشاورزان در زیراقلیم‌های نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک سرد و نیمه‌خشک معتدل به ترتیب حدود ۰/۳۰، ۰/۳۲ و ۰/۳۱ درصد افزایش خواهد یافت.

جدول ۱۳- قیمت محصولات بر حسب نرخ تورم در زیراقلیم‌های مختلف کشور در حالت فعلی و تغییر اقلیم (ریال)

Table 13- Prices of products in terms of inflation in different sub-climates at present and climate change (Rials)

زیر اقلیم Sub-climate	محصول Crop	فعلی Current	سال ۲۰۲۵ Years 2025	درصد تغییرات Change percent
نیمه‌خشک گرم Warm semi-arid	گندم Wheat	11890	24724.169	1.000293
	جو Barley	10835	17708.445	0.634374
	ذرت دانه‌ای Corn	9750	66846.208	5.865021
نیمه‌خشک سرد Cold semi-arid	گندم Wheat	11789	23589.355	1.000963
	جو Barley	9869	20368.086	1.063845
	ذرت دانه‌ای Corn	9899	24778.993	1.503181
نیمه‌خشک معتدل Temperate semi-arid	گندم Wheat	12029	24131.343	1.006097
	جو Barley	9882	20481.254	1.072582
	ذرت دانه‌ای Corn	9826	22895.733	1.330117
میانگین قیمت محصولات در افق ۲۰۲۵ بدون در نظر گرفتن ذرت دانه‌ای در زیر اقلیم نیمه‌خشک گرم Average crop prices in 2025 horizon excluding Corn in hot and semi-arid climates	ذرت دانه‌ای Corn	9842.833	24408.461	1.479820

Source: Research findings مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ١٤- درآمد ناخالص کشاورزان در زیر اقلیم‌های مختلف کشور در حالت فعلی و تغییر اقلیم (هزار میلیارد ریال)

Table 14- Gross income of farmers in different sub-climates of the country at present and climate change (thousand billion Rials)

زیر اقلیم Sub-climate	فعلی Current	سال ۲۰۲۵ Years 2025	درصد تغییرات Change percent
نیمه‌خشک گرم Warm semi-arid	1733063000	2251192000	0.2989670
نیمه‌خشک سرد Cold semi-arid	119573000000	157449000000	0.316760
نیمه‌خشک معتدل Temperate semi-arid	32519100000	42622000000	0.310675

Source: Research findings مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۱۵ تغییرا درآمد ناخالص را با لحاظ کردم نرخ تـورم نشـان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد بـا افـزایش نـرخ تـورم درآمـد ناخـالص کشاورزان در زیراقلیم‌هـای نیمـه‌خشـک گـرم، نیمـه‌خشـک سـرد و نیمه‌خشک معتدل به ترتیب حدود ۱/۰۰، ۱/۰۳ و ۱/۰۲ درصد افزایش خواهد یافت.

جدول ۱۵- درآمد ناخالص کشاورزان همراه با نرخ تورم در زیراقلیم‌های مختلف کشور در حالت فعلی و تغییر اقلیم (هزار میلیارد ریال)
Table 15- Gross Income of Farmers with Inflation in the Current and Climate Change (Thousand billion Rials)

زیر اقلیم Sub-climate	فعلی Current	سال ۲۰۲۵ Years 2025	درصد تغییرات Change percent
نیمه‌خشک گرم Warm semi-arid	1733063000	3466835000	1.000409
نیمه‌خشک سرد Cold semi-arid	119573000000	242472000000	1.027815
نیمه‌خشک معتدل Temperate semi-arid	32519100000	65637800000	1.018438

Source: Research findings — مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج آثر تغییر اقلیم بر خالص صادرات محصولات در جدول ۱۶ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود خالص صادرات برای تمام محصولات منفی است و این نشان‌دهنده افزایش واردات خواهد بود. بیشترین تغییرات خالص صادرات حدود ۳۳۳/۶ درصد برای محصول گندم و کمترین تغییرات نیز برای محصول ذرت دانه‌ای و حدود ۱۵/۶ درصد است.

جدول ۱۶- خالص صادرات در کشور (هزار تن)
Table 16- Net export of Country (thousand tones)

محصول Crop	فعلی Current	سال ۲۰۲۵ Years 2025	درصد تغییرات Variation percent
گندم Wheat	-3289.520	-1100690	333.605048
جو Barley	-1876.360	-249785.730	132.122497
ذرت دانه‌ای Corn	-6165.320	-102550.654	15.633468

Source: Research findings — مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

شناخت نوسانات زمانی و مکانی پارامترهای اقلیمی (نظیر دما، بارش، رطوبت نسبی،...) و تأثیر آن بر بخش کشاورزی جهت مدیریت منابع کشاورزی و اتخاذ استراتژی‌های مناسب، بسیار ضروری است. تغییر اقلیم بر دما و توزیع بارش تأثیر داشته و در نتیجه بر نیاز آبی گیاهان و مصرف آب در بخش کشاورزی مؤثر است. با توجه به نقش مهم کشاورزی در اقتصاد کشور و وجود بحران آب و خشک‌سالی‌های پیاپی و تأثیرات عمده‌ای که تغییر اقلیم می‌تواند بر تشدید آن‌ها داشته باشد، مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی اثرات تغییر اقلیم و کمبود منابع آب بر تولید، قیمت و درآمد بخش کشاورزی در اقلیم نمیه‌خشک انجام گرفت. برای این منظور از الگو AMM استفاده شد و به‌منظور شبیه‌سازی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات زراعی، ضرایب تابع پاسخ عملکرد محاسبه گردید. به منظور محاسبه کشش تقاضا، تابع تقاضای محصولات گندم، جو و ذرت برآورد و درنهایت اقدام به شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی شاخص‌های اقتصادی برای سال ۲۰۲۵ (افق ۱۴۰۴) گردید.

نتایج تحقیق نشان داد با ایجاد تغییرات اقلیمی، عملکرد محصولات گندم دیم، جو آبی، جو دیم و ذرت دانه‌ای در زیراقلیم نیمه‌خشک سرد و محصولات جو آبی و جو دیم در زیراقلیم نیمه‌خشک گرم و محصولات گندم آبی، جو دیم و ذرت دانه‌ای در زیراقلیم نیمه‌خشک معتدل برای سال ۱۴۰۴ (۲۰۲۵) نسبت به سال ۱۳۹۴ افزایش می‌یابد. همچنین با ایجاد تغییرات اقلیمی، عملکرد محصولات گندم دیم و جو آبی در زیراقلیم نیمه‌خشک معتدل و محصولات گندم آبی و گندم دیم در زیراقلیم نیمه‌خشک گرم کاهش می‌یابد.

نتایج تحقیق همچنین نشان داد با ایجاد تغییرات اقلیمی آب در دسترس برای محصول گندم آبی در زیراقلیم نیمه‌خشک سرد و محصول جو آبی در زیراقلیم‌های نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک سرد و نیمه‌خشک معتدل برای سال ۱۴۰۴ افزایش می‌یابد. همچنین با ایجاد تغییرات اقلیمی آب در دسترس برای محصول گندم آبی در زیر اقلیم‌های نیمه‌خشک گرم و نیمه‌خشک معتدل و محصول ذرت دانه‌ای در زیراقلیم‌های نیمه‌خشک سرد و نیمه‌خشک معتدل کاهش می‌یابد.

براساس نتایج تحقیق، تغییرات اقلیمی سطح زیرکشت محصول

ذرت دانه‌ای در زیراقلیم‌های نیمه‌خشک سرد و نیمه‌خشک معتدل و محصول گندم آبی و گندم دیم در زیراقلیم نیمه‌خشک گرم و محصول گندم دیم در زیراقلیم نیمه‌خشک سرد و محصول گندم آبی در زیراقلیم نیمه‌خشک معتدل کاهش خواهد یافت اما سطح زیرکشت محصولات جو آبی و جو دیم در زیراقلیم‌های نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک سرد و نیمه‌خشک معتدل و محصول گندم آبی در زیراقلیم نیمه‌خشک سرد و محصول گندم دیم در زیراقلیم نیمه‌خشک معتدل افزایش می‌یابد.

نتایج تحقیق بیانگر آن است که با ایجاد تغییرات اقلیمی مقدار تولید محصول ذرت دانه‌ای در زیراقلیم‌های نیمه‌خشک سرد و نیمه‌خشک معتدل و مقدار تولید محصولات گندم آبی و دیم در زیراقلیم‌های نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک سرد و نیمه‌خشک معتدل کاهش می‌یابد اما مقدار تولید جو آبی و جو دیم در زیراقلیم‌های نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک سرد و نیمه‌خشک معتدل افزایش می‌یابد و این امر موجب افزایش واردات این محصولات خواهد شد. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که با تغییرات اقلیمی، قیمت تمام محصولات مورد مطالعه با افزایش مواجه خواهد بود و اگر چه تولید کاهش می‌یابد اما درآمد کشاورزان را افزایش خواهد داشت.

با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق و به‌منظور مدیریت ناشی از تغییرات اقلیمی آینده، پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

– از آنجا که نتایج تحقیق نشان داد که با ایجاد تغییرات اقلیمی، میانگین قیمت محصولات افزایش می‌یابد و با توجه بی‌کشش بوده‌اند این محصولات، پیشنهاد می‌شود سیاست حمایتی قیمتی برای افزایش قدرت خرید مصرف‌کنندگان اتخاذ گردد.

– از آنجا که نتیجه تغییرات اقلیمی بر عملکرد محصولات متفاوت بود، پیشنهاد می‌گردد تولید محصولات گندم دیم، جو آبی، جو دیم و ذرت دانه‌ای در زیر اقلیم‌های خشک گرم و خشک سرد و محصول گندم آبی در زیر اقلیم خشک گرم و محصولات گندم آبی، جو دیم و ذرت دانه‌ای در زیراقلیم خشک معتدل افزایش یابد.

سپاسگزاری

اطلاعات مربوط به تغییرات اقلیمی در این پژوهش به تفکیک ۱۴۵ ایستگاه سینوپتیک برای یک دوره ۴۰ ساله و در اقلیمها مختلف کشور توسط سازمان محترم هواشناسی کشور در اختیار محققیق قرار گرفته است. از این‌رو نویسندگان کمان تشکر و قدردانی خود را از همکاری این سازمان محترم ابراز می‌دارد.

منابع

1- Abbasi F., and Asmari A. 2011. Observing and evaluating the temperature and precipitation trends of Iran in the coming decades using the MAGICC-SCENGEN model, Water and Soil Journal 25(1): 70-83 .(In Persian)
2- Ahmadian M., Islami M.R., and Baghestani A.A. 2010. Evaluation of welfare effects due to the development of maize production technology in Iran. Journal of Agricultural Extension Research and Education 3(1): 44-31.(In Persian)
3- Alizadeh A. 2014. Principles of Applied Hydrology. See: Astan Ghods Razavi Publications.(In Persian)
4- Amir Nejad H., and Asad Por Kori M. 2001. Economic Assessment of Climate Change on the Performance of Iranian Rainfed Barley. Iranian Agricultural Economics Conference, Kerman.(In Persian)
5- Arulpragasam C.P., and Conway P.J. 2003. Partial Equilibrium Multi-Market Analysis, Chapter 12 in Bourguignon F., Pereira da Silva LA. The Impact of Economic Policies on Poverty and Income Distribution: Evaluation Techniques and Tools.
6- Chang CH.CH. 2002. The potential impact of climate change on Taiwan’s agriculture. Agricultural Economics 27: 51-64.
7- Croppenstedt A., Bellú L.G., Bresciani F., and DiGiuseppe S. 2007. Agricultural policy impact analysis with multi-market models: a primer. Agricultural Development Economics Division (ESA): Rome, Italy, 1-12.
8- Dashti Q., Bagheri P., Pishbahar A., and Majnouni A. 2018. Climate Change Performance Measurement Risk in Rainfed Wheat of Ahar City: Application of the Value at Risk Approach to Climate. Agricultural Economics and Development 32(2): 153-139. (In Persian)
9- Draji S.S., Golchin A., and Ahmadi Sh. 2010. The effect of different levels of superab A200 and soil salinity on water retention capacity in three sandy, loamy and clay textures. Soil and Water 24(2): 316-306. (In Persian)
10- Esfandiari N. 1996. Demand function of wheat and some other foodstuffs in Iran: An almost ideal demand system. Institute for Business Studies and Research, First Edition, Tehran.(In Persian)
11- Faghih Kashani M. 1989. Investigation of the impact of major government supportive policies (quotas-subsidies) on the consumption of foodstuffs under it (before and after the revolution). Master of Science Degree in Economics. Faculty of Economics, University of Tehran . (In Persian)
12- Ghorbanizadeh Kharrazi H., and Chelmal Dezfulnezhad M. 2014. Inventing a New Hydrometeorological Climate

Classification Method. Journal of Water Engineering 2(2): 97-108. (In Persian)
13- Hardaker J.B. 1997. Guidelines for the integration of sustainable agriculture and rural development into agricultural policies (No. 4). Food & Agriculture Org.
14- Holden N.M., Brereton A.J., Fealy R., and Sweeney J. 2003. Possible change in Irish climate and its impact on barley and potato yields. Agriculture and Forest Meteorology 116: 181-196.
15- Janet Sadeghi M., Shahnoshi Faroushani N., Daneshvar Kakhaki M., Dorandish A., and Mohammadi H. 2018. Investigation of Factors Affecting the Performance of Strategic Crops (Wheat and Barley) in Khorasan Razavi Province. Agricultural Economics 12(2): 134-111. (In Persian)
16- Kemfert C. 2009. Climate protection requirements the economic impact of cimate change. Handbook Utility Management 725-739.
17- Li X., Takahashi T., Suzuki N., and Kaiser H.M. 2011. The impact of climate change on maize yields in the United States and China. Agricultural System, 104: 348-353.
18- Liang X.Z., Wu Y., Chambers R., Schmoldt D., Gao W., Liu C., Liu Y.A., Sun C., and Kennedy J. 2017. Determining Climate Effects on US Total Agricultural Productivity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 114: 2285-2292.
19- Mahjori K., Mohamad Rezaey R., Hagheghat J., and Ghahreman Azadeh M. 2010. Presenting Different Plans in Implementing Wheat Price Support Policy: A Case Study of Mazandaran Province. Journal of Economic Research and Policies 18(56): 135-161. (In Persian)
20- Maulai M., Sadeghi P., and Javanbakht A. 2017. The Effect of Climate Parameters on Yield and Yield Risk of Two Wheat and Barley Crops in West Azarbaijan Province. Ecological Agriculture 7(2): 45-31. (In Persian)
21- McCarl B., and Spreen T. 2011. Applied Mathematical Programming Using Algebraic Systems. Texas: Texas A and M University.
22- Momany C. 2011. Potential Impacts of Climate Change on Agriculture in Fars Province. Master of Science Degree in Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Economics. Shiraz University. (In Persian)
23- Momany C., and Zibaei M. 2013. Potential Impacts of Climate Change on Agriculture in Fars Province. Journal of Agricultural Economics and Development 27(3): 169-179. (In Persian)
24- Mosaedi A., and Kahe M. 2008. Effect of Rainfall on Wheat and Barley Crop Yield in Golestan Province. Agricultural Sciences and Natural Resources 15(4): 218-206. (In Persian)
25- Norjou A. 2001. Investigation of the effect of different levels of irrigation on tomato farming. Proceedings of the First National Conference on Water Crisis Response Solutions, 18 and 19 March, University of Zabol. (In Persian)
26- Parhizkari A. 2017. Assessing the Impacts of Climate Change on Crop Production and Income Status of Farmers Downstream of Taleghan Dam. Agricultural Economics Research 9(36): 152-125. (In Persian)
27- Ponce R., Blanco M., and Giupponi C. 2014. Climate change, water scarcity in agriculture and the country-level economic impacts. A multimarket analysis, No 2, Serie Working Papers from Universidad del Desarrollo, School of Business and Economics, 1-31.
28- Quizón J., and Binswanger H. 1986. Modeling the impact of agricultural growth and government policy on income distribution in India. The World Bank Economic Review 1: 103-148.
29- Raghuvanashi R., Ansari M., and Amardeep. 2017. A study of farmer’s awareness about climate change and adaptation practices in India. International Journal of Applied Agricultural Sciences, 3: 154-160.
30- Reilly J. 1999. What does climate change mean for agriculture in developing countries? A comment on Mendelsohn and dinar. Journal of World Bank 14: 295-305.
31- Sajidin H.S., and Mudasser M. 2007. Prospects for wheat production under changing climate in mountain of areas of Pakistan: An econometric analysis. Agricultural System 94: 495-501.
32- Seyedan S., and Mohammadi F. 1997. Climate classification method. Journal of Geographical Research 12 (2): 74-109. (In Persian)
33- Shabanzadeh M., Mahmoudi A., and Esfangari R. 2015. Investigating the Effect of Transferring World Prices to Domestic Markets for Specific Iranian Agricultural Products. Journal of Agricultural Economics and Development 29(1): 55-56. (In Persian)
34- Sheikh Zaynaldin, A., and Bakhudeh M. 2015. Investigating the Welfare Effects of Removing Government Intervention from the Iranian Corn Market. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research. 46 (1): 184-177. (In Persian)
35- Statistical centre organization of Iran. 2017. Population and housing census results. Retrieved From: http://www.amar.org.ir. (In Persian)
36- Wasiqi A., and Ismaili A. 2008. Investigation of the Economic Impact of Climate Change on Iran's Agricultural Sector: Riccadian Method (Case Study: Wheat). Agriculture and Natural Resources Science and Technology, Soil and Water Sciences 12(45): 685-695. (In Persian)

37- www.maj.ir/2015.
38- www.irimo.ir/far/index.php.
39- Zarakani F., Kamali Gh., and Chizari A.H. 2014. The Impact of Climate Change on Dryland Wheat Economy (North Khorasan Case Study). Agricultural Ecology 6(2): 301-310. (In Persian)
40- Mahjori K., Mohamad Rezaey R., Hagheghat J., and Ghahreman Azadeh M. 2010. Presenting Different Plans in Implementing Wheat Price Support Policy: A Case Study of Mazandaran Province. Journal of Economic Research and Policies 18(56): 135-161. (In Persian).

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 34, No. 2, Summer 2020, p. 127-148

نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۱۴۸-۱۲۷

Investigating the Effects of Climate Change on Agricultural Market in Semi-arid Regions

H. Alibakhshi[1]- **A. Dourandish**[2*]-**M. Sabouhi Sabouni**[3]

Received: 12-10-2019
Accepted: 12-07-2020

Introduction: Understanding the temporal and spatial fluctuations of climatic parameters (such as temperature, precipitation, relative humidity, etc.) and its impact on agricultural sector is essential for managing agricultural resources and adopting appropriate strategies. Precipitation directly affects the production of dry crops by supplying the required moisture for the plant, and indirectly affects the production of aquatic crops through supplying surface and underground water resources. Climate change has an effect on temperature and precipitation distribution and consequently affects the plants water requirement and agricultural water consumption. Overall, climate change is influenced by both temperature and precipitation. Due to the changing rainfall pattern and average temperature of the atmosphere, this phenomenon can damage the production of agricultural products that maintain the major food sources of the country. Given the important role of agriculture in the country's economy and the existence of the ongoing water crisis and drought in the country, climate change can have major impacts on their aggravation. The purpose of the present study is to investigate the effects of climate change and water scarcity on agricultural production, price and income in Iran.

Materials and Methods: The multi-market model, sometimes referred to as the "finite general equilibrium" or "multi-market partial equilibrium model", has reduced the complexities of computable general equilibrium (CGE) models. The AMM template was used for this purpose. To simulate the effects of climate change, crop yields were calculated using yield response coefficients. Then, the demand function of different products was calculated using estimated elasticities and finally climate change has been simulated for 2025.

Results and Discussion: The results showed that climate change would increase, yield of rainfed wheat, blue barley, dry barley and maize grain in semi-arid climate and subtropical climate, in addition dry barley and barley products in warm semi-arid climate and subtropical climate, and finally rainfed barley and corn products Grain in temperate semi-arid climates and subtropicals climate by 2025 relative to current levels. Climate change also would decrease yields of dry wheat and barley in temperate semi-arid climates and subtropicals, and also wheat in warm and semi-arid climates and subtropicals for 2025 compared to the present value. The results also showed that climate change would expand the water available for the blue wheat crop in the semi-arid climate and sub-climates, besides the blue barley crop in the semi-arid, semi-arid, and temperate semi-arid climates for 2025 compared to the present value. Climate change also might reduce the amount of water available for the blue wheat crop in the climate and sub-arid and semi-arid sub-climates, therefor the corn yield in the cold and semi-arid sub-climates and sub-climates for 2025 compared to the present value. The results also revealed that climate change would diminish cultivation of maize crop in semi-arid climate and temperate climates in addition irrigated and rainfed wheat crop in warm and semi-arid sub-climate and also rainfed wheat crop in semi-arid climate by 2025 relative to the present situation. Also the area under cultivation of blue barley and dry barley crops in warm and semi-arid climates, cold and semi-arid climates, and blue wheat crop in semi-arid climates and rainfed wheat crop in temperate and semi-arid climates would decrease by 2025.

Conclusion: The results also demonstrated that with the climate change, the amount of maize crop production in cold and semi-arid climates and sub-climates, and the production of blue and dry wheat crops in warm and semi-arid climates, cold semi-arid, temperate and dry semi-arid climates for 20 years would decrease relative to current value. Also, the production of irrigated and rainfed barley in warm and semi-arid climates, sub-climates and temperate semi-arid climates for 2025 would increase compared to the present situation. Thus the first hypothesis of the study: "Climate change and water scarcity reduces agricultural production" is not approved in Iran. The results also explained that with the climate change the prices of wheat, barley and maize crops in the semi-arid and temperate climates for the year 2025 would also rise, so the second hypothesis of the study "Climate change and scarcity of water resources will increase the prices of agricultural products in Iran" is confirmed. The results also show that with climate change, farmers 'incomes in cold and semi-arid climates,

1, 2 and 3- Senior Graduate, Associate Professor and Professor of Agricultural Economic, Agricultural Economics Department, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
(*- Corresponding Author Email: dourandish@um.ac.ir)

temperate and warm semi-arid climates would increase by 2025 relative to their present value, so the third research hypothesis that "climate change and water scarcity reduces farmers' income" In Iran, " is not confirmed. The results also indicated that wheat, barley and maize exports remained negative by the creation of net climate change for 2025 and that the country's climate change created an importer of these products.

Keywords: Climate change, Climate zoning, Agricultural crops market